O USO DE IMAGENS DE SATÉLITE E DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NA DETERMINAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA EM PARTE DO MUNICÍPIO DE BERTIOGA, LITORAL DE SÃO PAULO

Aparecida Cristina CAMOLEZ 1
Mário De BIASI 2

RESUMO

Há algumas décadas, o ser humano começou a perceber que sua qualidade de vida dependia, antes de tudo, da qualidade do meio ambiente em que vive. A degradação ambiental iniciou-se logo que o homem percebeu que poderia usar seu poder sobre o ambiente e evoluiu juntamente com ele.

Após a Revolução Industrial do século XVIII, a situação agravou-se, contudo, o desenvolvimento tecnológico iniciado nesse período e que segue em grande velocidade até os dias de hoje, tem permitido um avanço considerável de equipamentos para detecção de problemas ambientais, que há alguns anos seriam impossíveis de serem percebidos.

O desenvolvimento tecnológico ocorrido principalmente na segunda metade do século XX, possibilitou a construção de equipamentos capazes de observar a dinâmica do meio ambiente terrestre possibilitando, pela primeira vez, conhecer a real extensão da cobertura vegetal natural e contabilizar as perdas já ocorridas nos diversos ecossistemas terrestres.

A crescente necessidade de gerenciamento e monitoramento da cobertura vegetal natural, principalmente nas áreas vizinhas às regiões metropolitanas, visando o bem-estar da população que ali habita, tem incentivado diversos profissionais na procura por soluções tecnológicas que sejam ao mesmo tempo eficientes no conhecimento e detecção dos problemas, de fácil manuseio e de baixo custo.

Neste sentido, o uso das imagens geradas por satélites são um instrumento muito útil quando se deseja estudar a superfície terrestre, pois possuem cobertura ampla, com periodicidade pequena e capacidade para enxergar diferentes faixas do espectro eletromagnético.

A partir da interpretação dessas imagens e com o auxílio de softwares adequados, é possível acompanhar o crescimento da mancha urbana numa determinada área, a respectiva perda da vegetação e o consequente impacto seja no solo ou nos recursos hídricos locais.

O objetivo deste trabalho é analisar as mudanças ocorridas na cobertura vegetal de parte do município de Bertioga – SP, ocorrido num período de 11 anos. Para tanto, interpretou-se duas imagens do satélite Landsat 5 com datas de julho de 1992 e agosto de 2003, utilizando-se a técnica de "Modelo Linear de Mistura Espectral" para separar as imagens-fração solo, sombra e vegetação que permitiu identificar, com maior precisão, esses componentes. Interpretando a nova imagem gerada a partir da combinação das três imagens-fração, foi possível identificar a perda de cobertura vegetal e o aumento da área urbana na área de estudo.

[1] Universidade de São Paulo, pós-graduanda, aparecidac@cetesb.sp.gov.br.
[2] Universidade de São Paulo, mdebiasi@usp.br

Como resultado, obteve-se mapas que permitiram observar o panorama da situação atual quanto a ocupação, principalmente das áreas de restinga e manguezais no município.

INTRODUÇÃO

O litoral de São Paulo é a área de ocupação mais antiga do Estado, com início na fundação da Vila de São Vicente, no século XVI. Dada suas características ambientais, pode-se dividir os 16 municípios litorâneos em três grupos: Litoral Norte, Baixada Santista e Litoral Sul. A Baixada Santista é a mais urbanizada e populosa das três, com mais de 2.400 km^2 distribuídos por nove municípios.

A população dessa região tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas, com destaque para o município de Bertioga, que no período entre 1996 e 2000, teve um incremento de aproximadamente 80% em sua população[3]. Aumento de população significa aumento também da ocupação do solo em áreas de cobertura vegetal nativa que, no caso de Bertioga, podem ser áreas de manguezal, restinga ou Mata Atlântica.

O município de Bertioga, criado em 1991 através da Lei Estadual nº 7664/91, tem suas origens ligadas ao início da colonização brasileira. Em princípios do século XVI, dada sua importância estratégica, foram construídas a Fortaleza de São Tiago de Bertioga e o Forte de São Luiz, ambas na entrada da Barra do Rio Itapanhaú (MEDEIROS, in: AZEVEDO, 1965, vol. 3).

No século XVII, Bertioga obteve importância graças ao uso do óleo de baleia na iluminação pública e particular. Nesse período foram construídas instalações para depósito do óleo e a localidade prosperou, atraindo população. No século XIX, com a diminuição da atividade baleeira, Bertioga voltou a ser um pequeno núcleo de pescadores, por muito tempo isolado pela dificuldade de acesso (MEDEIROS, in: AZEVEDO, 1965, vol. 3).

Com a construção da Colônia de Férias do SESC em 1948 e, anos mais tarde, pela construção de infra-estrutura viária que facilitou o acesso à região, a localidade de Bertioga passou a configurar como estância balneária, função que viria a ocupar até os dias atuais.

Em 1965 Diva B. Medeiros (*op. cit*. p. 164) escreveu, sobre o aumento do turismo na região de Bertioga que, "para possuir realmente uma função turística, a pequena vila precisa, antes de tudo da solução de seus muitos problemas e de um maior interesse pela sua urbanização", ou seja, a infra-estrutura existente não seria suficiente para abrigar o aumento da demanda turística e, de certa forma, também para evitar um colapso do ambiente natural.

Estudo realizado pela Cetesb em 1991 sobre o estado dos ecossistemas da Baixada Santista, mapeou a degradação dos três principais ecossistemas da região (Mata Atlântica, mata de restinga e manguezal), e concluiu que as áreas de Mata Atlântica da planície encontravam-se bastante degradadas; que a mata de restinga foi a que perdeu maior espaço para assentamentos urbanos e que a degradação dos manguezais estava ligada principalmente à poluição industrial, concentrando-se essa degradação no estuário de Santos. Quanto à Bertioga, o estudo previniu sobre uma possível degradação dada a quantidade elevada de áreas destinadas à expansão urbana.

A partir desses fatos, o objetivo deste trabalho está em comparar imagens de satélites dos anos de 1992 e 2003 classificadas as partir de imagens geradas pela técnica de Modelo Linear de Mistura Espectral, para determinar o grau de degradação que o município de Bertioga sofreu nesse período, chamando a atenção principalmente para a ocupação de áreas de restinga.

3 Fonte: www.seade.sp.gov.br e www.ibge.gov.br

MÉTODOS e TÉCNICAS

O uso de imagens de satélites vem sendo ampliado devido as facilidades adquiridas pelo desenvolvimento de novos equipamentos e softwares para seu processamento. Essas imagens são o produto obtido por sensores remotos orbitais, que capturam a radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos diferentes alvos que compõem a superfície terrestre. Os sensores remotos ou satélites encontram-se em diferentes órbitas e distâncias da superfície terrestre o que permite a obtenção de imagens com diferentes propósitos, dependendo do objetivo do estudo: meteorologia, geologia, mineração, uso do solo, monitoramento ambiental.

A sensibilidade desses sensores é expressa pelo número de bandas espectrais que possuem. Essas bandas são capazes de captar a radiação de um intervalo específico do espectro, emitido por uma determinada feição do terreno. Outra característica importante é a resolução temporal que os satélites possuem, ou seja, a capacidade de obter várias imagens de uma mesma área do terreno em um curto período de tempo (a resolução temporal do satélite Landsat 5 é de 16 dias), o que permite acompanhar a evolução de um determinado fenômeno na superfície (expansão urbana, queimadas, entre outros).

Para análises ambientais em áreas naturais ou urbanas, as imagens de satélite são excelentes fontes de informação, principalmente devido ao seu caráter multitemporal. Sobre esse assunto, Luchiari (in: CARLOS & OLIVEIRA, 2004:232), escreveu: “a técnica do sensoriamento remoto vem se constituindo num instrumento imprescindível aos planejadores, geógrafos, ambientalistas e pesquisadores de outras ciências que possuem o ambiente urbano como objeto de estudo”, pois “possibilita a obtenção de informações a respeito de determinada área da superfície terrestre, bem como a respeito dos fenômenos que nela ocorrem”.

As imagens utilizadas neste trabalho são do satélite Landsat 5 que possuem resolução espacial de 30 metros, resolução temporal de 16 dias e resolução espectral de sete bandas, das quais optou-se por utilizar três (bandas 3, 4 e 5). Foram obtidas em julho/1992 e agosto/2003, ou seja, ambas em período de inverno, para que a época de obtenção das imagens não interferisse na informação extraída das mesmas.

O software usado para o processamento digital das imagens foi o Spring (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e disponível para donwload no site do instituto.

O processamento digital dessas imagens considerou as seguintes etapas:

a) registro da imagem, ou seja, vincular a imagem a um sistema de projeção e coordenadas compatíveis. Com o uso de uma imagem previamente registrada, foi possível, a partir de pontos de coordenadas conhecidas, como cruzamento de estradas, construções e pontes, registrar as imagens via tela do computador, um dos modelos de registro disponíveis no software utilizado.

b) realce da imagem, que consiste em ajustes de contraste, filtros e outros para melhorar a qualidade da imagem e permitir o máximo de aproveitamento das informações nelas contidas sem alterar o tipo e o volume de informações. Neste trabalho foi utilizado a técnica do ajuste de contraste. A manipulação de contraste tem por objetivo redistribuir a escala de cinza de uma imagem para que seja possível discriminar melhor as diferenças entre eles.

Uma vez concluída essas duas estapas, também consideradas como pré-processamento, passou-se para a fase de processamento propriamente dito. Para auxiliar na interpretação das imagens usou-se a técnica do Modelo Linear de Mistura Espectral.

Cada pixel de uma imagem de satélite corresponde a uma combinação dos diferentes alvos da superfície terrestre, como solo, vegetação e sombra ou água (MOREIRA, 2003). Um pixel numa imagem Landsat com resolução de 30 metros, representa 900 m^2 no terreno, o que

significa uma área suficientemente grande para conter partes desses três principais alvos. O Modelo Linear de Mistura "... assume que a resposta espectral de um pixel é uma combinação linear das respostas espectrais de cada um dos componentes dentro do pixel, incluindo a sombra" (SHIMABUKURO & SMITH, 1998:572), ou seja, estima proporções desses componentes a partir de sua assinatura espectral — a partir de pixels supostamente puros para aquele componente, ou seja, que contenha informação espectral de apenas um alvo (adquiridos pela análise dos pixels em tela), a partir das bandas que melhor representam cada alvo: banda 3 para sombra ou água, banda 4 para vegetação e banda 5 para solo — gerando uma imagem-fração desse componente.

A Figura 1 apresenta as imagens-fração solo, vegetação e sombra, geradas para a imagem de 1992 (a) e para a imagem de 2003 (b). Nota-se que em cada imagem, o alvo representado destaca-se em tons claros.

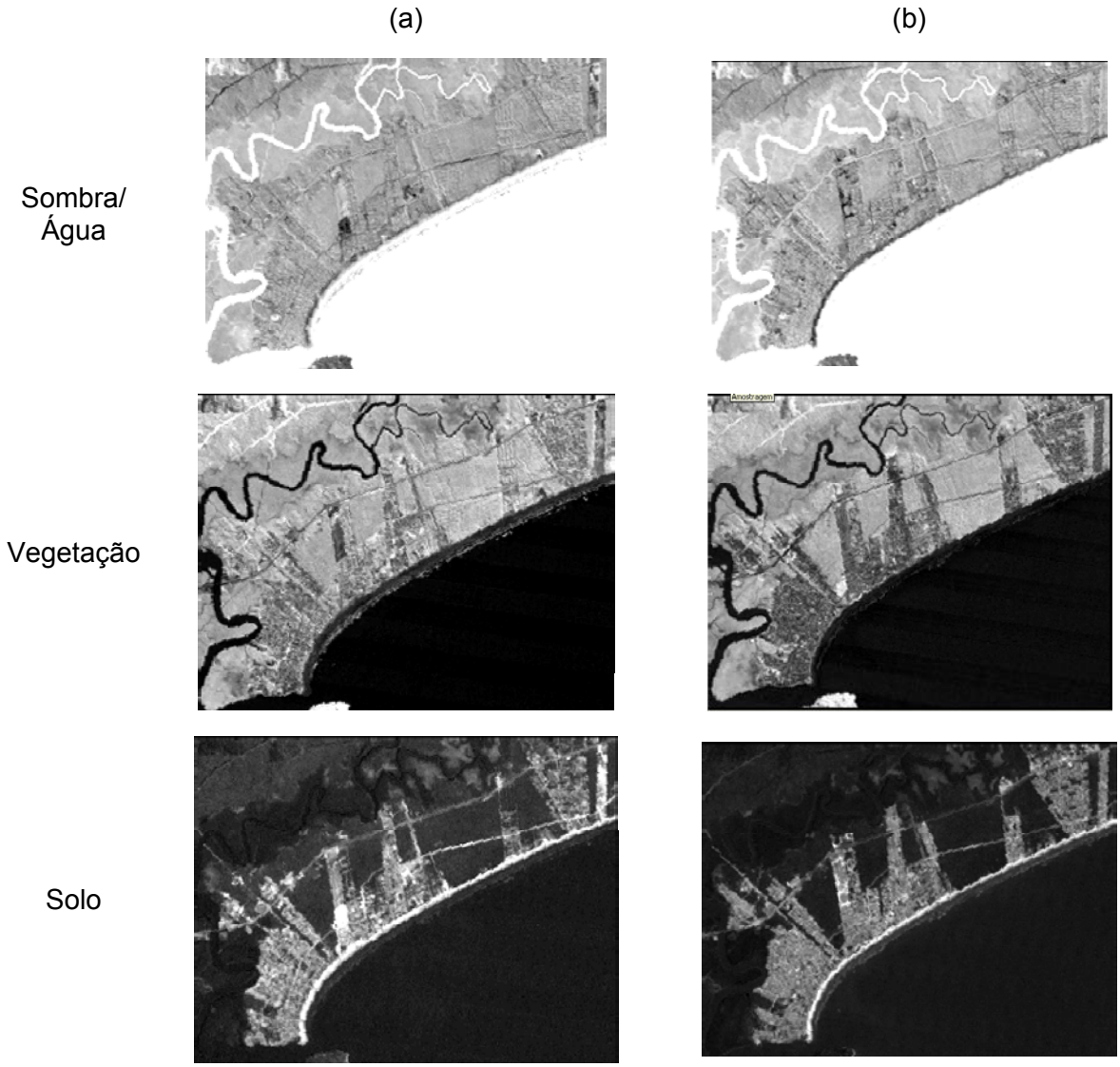


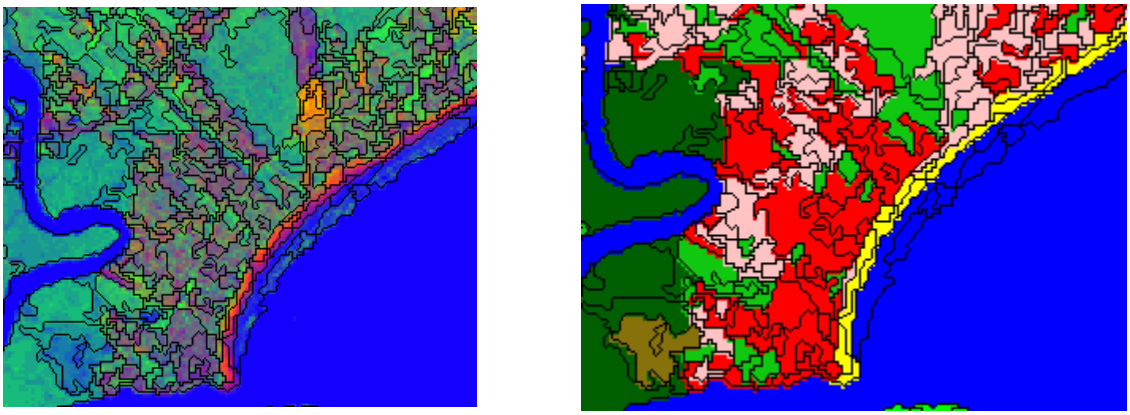
Figura 1. Imagens-fração sombra/água, vegetação e solo para (a) 1992 e (b) 2003.

A junção dessas imagens-fração gerou uma composição colorida, onde foi definido as cores azul para sombra ou água, verde para vegetação e vermelho para solo, utilizada para a classificação das imagens que gerou os mapas temáticos.

A etapa de classificação das imagens iniciou-se com a segmentação das mesmas a partir do método Crescimento de Regiões, que agrupa regiões espacialmente vizinhas e espectralmente semelhantes, delimitando polígonos na imagem. Essa é uma etapa importante, pois essa imagem segmentada será utilizada na fase seguinte da classificação.

Antes da classificação, é necessário realizar uma etapa de treinamento, ou seja, o usuário seleciona partes da imagem e define um atributo para essas partes, ou seja define que determinado grupo de pixels (com características espectrais próprias), representam determinado componente em solo. O método classificador utilizado foi o Bhattacharya, que requer uma imagem segmentada e a etapa de treinamento para gerar a imagem classificada.

A Figura 2 apresenta imagens nas diferentes etapas de classificação: (a) segmentação; (b) classificação.



(a) (b)

Figura 2. Imagens após a realização da segmentação (a) e da classificação (b).

A classificação da imagem de 1992, foi validada a partir dos mapas constantes do trabalho da CETESB (1991) e, para a imagem de 2003, além desse mapa, usado para conferir as grandes feições de vegetação, foi realizado trabalho de campo. Essa etapa é importante para aferir se o que foi classificado na imagem está de acordo com a realidade em solo.

RESULTADOS

Como resultado da classificação das imagens obteve-se dois mapas com o uso do solo de parte do município de Bertioga. A análise desses mapas, permite constatar o quanto a paisagem foi alterada nesse município no período de 1992 a 2003.

Na Tabela 1 são apresentados as áreas correspondentes a cada um dos principais componentes do uso do solo deste município e a porcentagem de alteração. Nota-se que as maiores mudanças ocorreram em relação às áreas de Restinga, com diminuição da ordem de 14,3%, de Mata Atlântica, com queda de 36,3% e área de expansão urbana, com queda de 42,7%. A diminuição dessas áreas, deve-se, principalmente pelo aumento da área urbana em 143,7%.

Tabela 1. Área equivalente dos diferentes usos do solo e porcentagem de alteração entre 1992 e 2003.

	Área em km²		
	1992	**2003**	**% de alteração**
Mangue	8,23	8,17	-0,73
Restinga	12,63	10,82	-14,30
Mata Atlântica	1,03	0,65	-36,34
Área Urbana	3,25	7,92	143,73
Área de expansão urbana	5,15	2,95	-42,79

Esse fato fica claro no gráfico da Figura 3 com as áreas de cada componente do terreno para os dois anos.

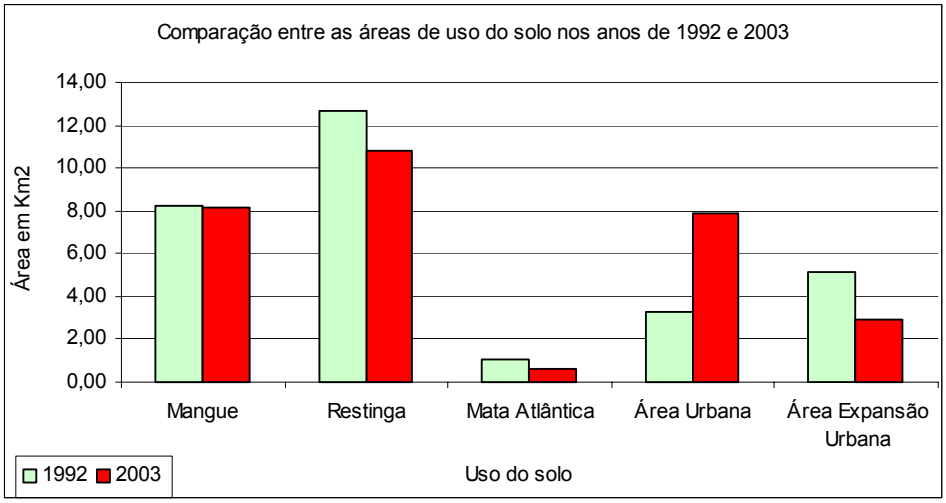


Figura 3. gráfico comparando os diferentes usos do solo nos anos de 1992 e 2003.

A expansão da área urbana em Bertioga tem ocupado não só áreas de vegetação nativa, principalmente de restinga, como nos loteamentos que antes estavam pouco ocupados, com pequenas manchas de vegetação. Atualmente, essas manchas de vegetação estão desaparecendo. Loteamentos de alto padrão também são responsáveis por boa parte da ocupação de áreas de Restinga, por exemplo, o loteamento do Condomínio Hanga Roa teve início na primeira metade da década de 1990, com a derrubada da vegetação e delimitação dos terrenos. Atualmente, a área foi toda ocupada por construções de alto nível.

Na Figura 4, observa-se o resultado da interpretação da imagem do ano de 1992. Nota-se amplas áreas de expansão urbana misturadas tanto à vegetação quanto às áreas com ocupação consolidada. As áreas ocupadas por manguezal estão bastante preservadas.

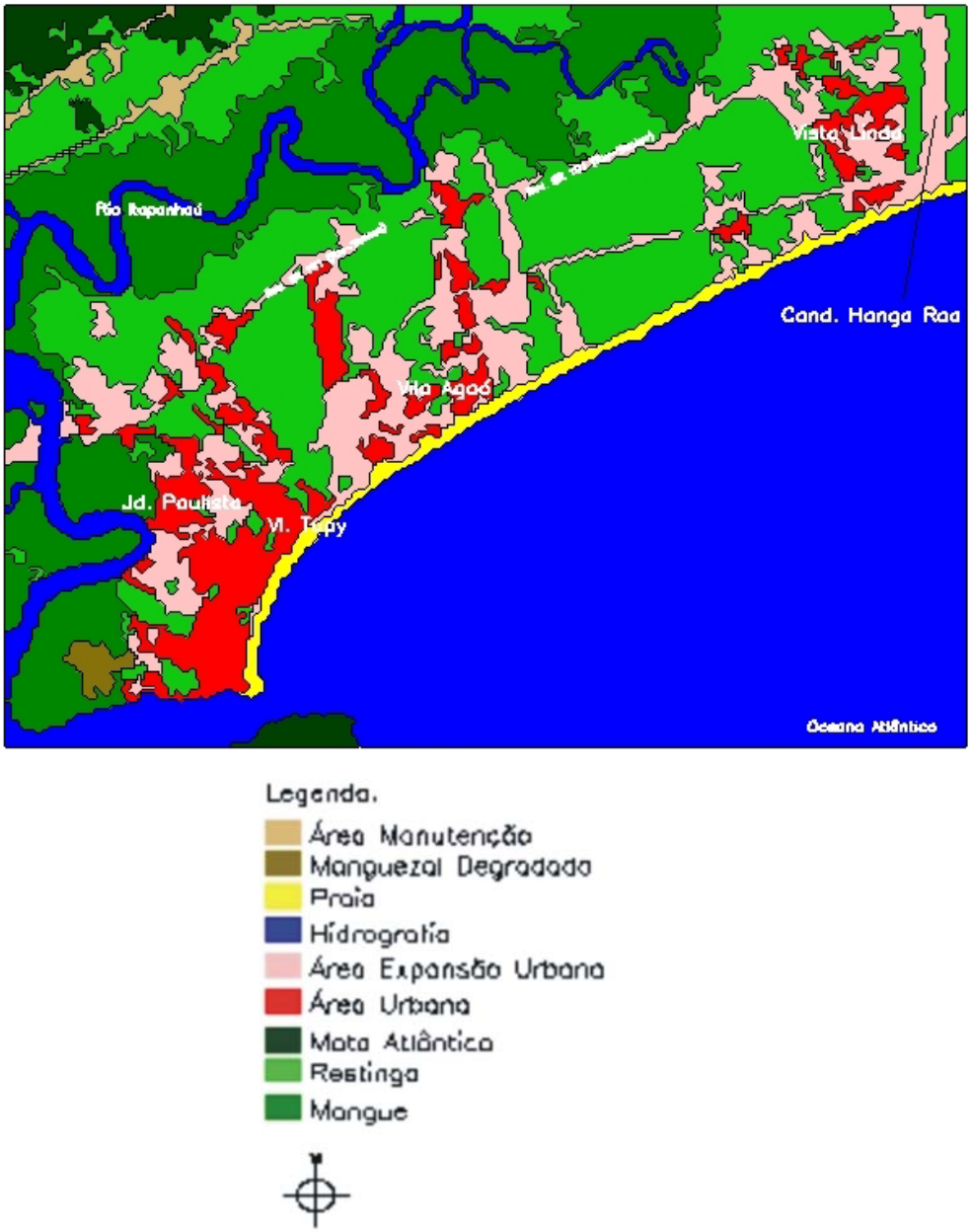


Figura 4. Imagem resultante da classificação da imagem Landsat TM de jul/1992 (sem escala)

A Figura 5 apresenta o resultado da interpretação da imagem de 2003, cuja legenda é a mesma da Figura 6, que deixa claro o avanço da ocupação urbana na região.

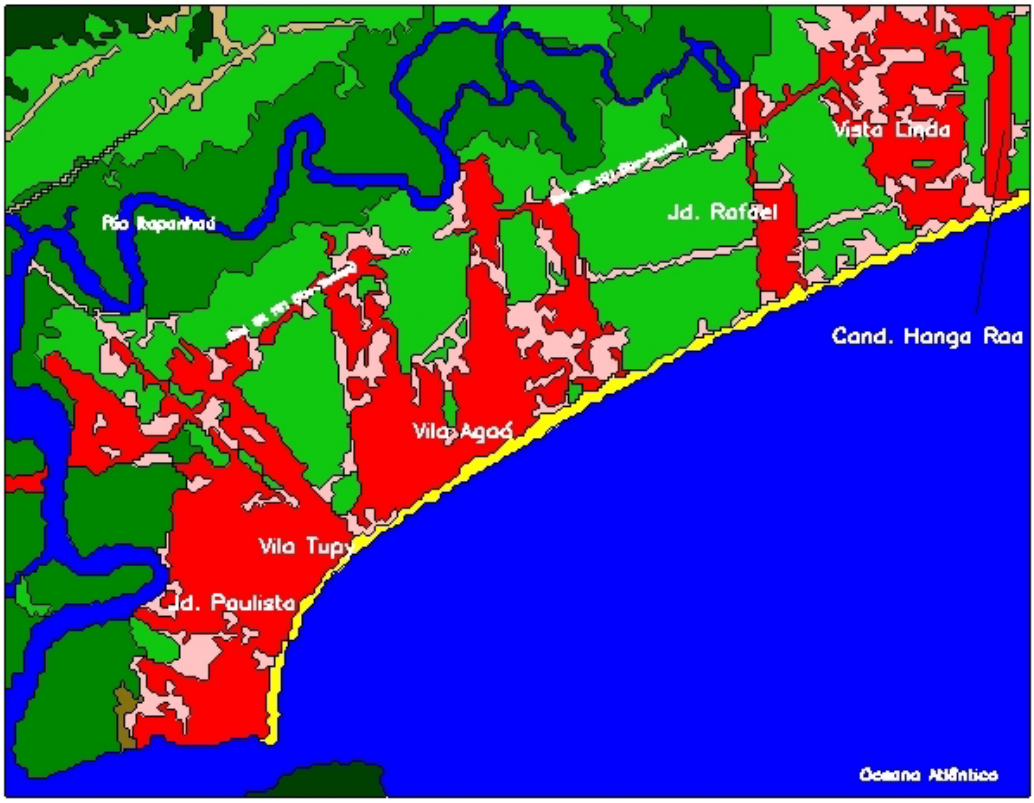


Figura 5. Imagem resultante da classificação da imagem Landsat TM de ago/2003 (sem escala)

O uso das imagens de satélite constituiu um instrumento essencial e eficiente para a análise da ocupação do solo nesta parte do município de Bertioga. A aplicação de técnicas de processamento digital de imagens permitiu identificar, classificar e calcular as diferentes áreas e identificar os locais mais ameaçados pela expansão urbana no município.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, A. (coord**.) A Baixada Santista. Aspectos Geográficos**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1964. (4 vol.)

CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Avaliação do estado de degradação dos ecossistemas da Baixada Santista – SP**. São Paulo: Cetesb, 1991.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992. 170p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa:Universidade Federal de Viçosa, 2003.

RODRIGUES, A. C. M. Utilização da técnifca de modelo linear de mistura espectral em imagens Landsat TM. IN: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCION REMOTO – SELPER 11.Santiago, Chile. 2004 (no prelo)

SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J. A. Imagens sombra para áreas reflorestadas de Eucalyptus e Pinus obtidas de medidas multiespectrais do Landsat. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 5, Natal. **Anais**. 1998 (Site: www. inpe.br)

VERONA, J. D.; SHIMABUKURO, Y. E.; SANTOS, J. R. Detecção de mudanças em área sob influência da Floresta Nacional do Tapajós – PA, utilizando o modelo linear de mistura espectral. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 10, Foz do Iguaçu. **Anais**. 2001 (site: www.inpe.br)